



**Eur päisches
Patentamt**

**Eur pean
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02079899.7

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 02079899.7
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 25.11.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Weidmann Plastics Technology AG
Neue Jonastrasse 60
8640 Rapperswil
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugeinsatzes zum Spritzgiessen eines teils
mit zweistufigen Mikrostrukturen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

B81C/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10001ep

- 1 -

**VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES WERKZEUGEINSATZES ZUM
SPRITZGIESSEN EINES TEILS MIT ZWEISTUFIGEN MIKROSTRUKTUREN**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines
5 mikrostrukturierten Werkzeugeinsatzes zum Spritzgiessen
eines Teils, welcher aus einem Kunststoff, einem Metall oder
aus einem keramischen Material hergestellt wird und welcher
eine Anordnung von Mikrostrukturen aufweist, die auf einer
Aussenfläche des Teils gebildet werden und zwei
10 unterschiedliche, vorbestimmte Tiefen haben.

Die Erfindung betrifft ausserdem ein Verfahren zum
Spritzgiessen eines Teils, welcher aus einem Kunststoff,
einem Metall oder aus einem keramischen Material hergestellt
15 wird und welcher eine Anordnung von Mikrostrukturen
aufweist, die auf einer Aussenfläche des Kunststoffteils
gebildet werden und zwei unterschiedliche, vorbestimmte
Tiefen haben, wobei ein Werkzeug zum Spritzgiessen verwendet
wird, der von einer ersten und einer zweiten Werkzeughälfte
20 gebildet wird

Damit durch Spritzgiessen erzeugte Teile nach dem
Spritzgiessen aus dem Werkzeug entformt werden können, ohne
dass die Qualität der Mikrostrukturen beeinträchtigt wird,
25 und dass bei grosser Anzahl Mikrostrukturen die
Entformungskräfte nicht zu gross werden, müssen die
Mikrostrukturen mit Entformungsschrägen versehen werden,
welche z. B. grösser als 2 Grad sind, wobei dieser Winkel im
Querschnitt zwischen einer Seitenwand der Mikrostruktur und
30 einer zur Aussenfläche des Teils und zur Querschnittsebene
senkrechten Ebene gemessen wird.

Die Notwendigkeit, Mikrostrukturen mit Entformungsschrägen
erzeugen zu können, welche z.B. grösser als 2 Grad sind,
35 gilt insbesondere bei sehr tiefen Mikrostrukturen, z.B.
Mikrostrukturen mit einer Tiefe von 100 Mikrometer oder
einer Tiefe die grösser als 100 Mikrometer ist. Für 2-

10081ep

- 2 -

stufigen Mikrostrukturen erfüllt die zweite, tiefere Struktur dieses Kriterium, weshalb Entformungsschrägen für 2-stufige Mikrostrukturen essentiell sind.

- 5 Es sind folgende Verfahren bekannt, welche die Herstellung von Teilen mit 2-stufigen Mikrostrukturen ermöglichen:
- (A) Nassätzen von Glas
 - (B) Trockenätzen von Silizium
 - (C) LIGA
 - 10 (D) UV-LIGA
 - (E) Laser Machining
 - (F) Mikroerosion
 - (G) Mikrozerspannung (Bohren, Fressen, Drehen)
- 15 Aller diese bekannten Mikrostrukturierungsverfahren haben jedoch folgende Nachteile:
- Mit dem Verfahren (A) lässt sich nur eine eingeschränkte maximale Strukturtiefe erzielen. Das Verfahren (B) ist schwer beherrschbar. Das Verfahren (C) ist sehr aufwendig
- 20 und teuer. Mit dem Verfahren (D) lässt sich keine oder nur mit sehr viel Aufwand erzeugte Entformungsschräge erzielen. Die Verfahren (E), (F), (G) sind für eine industrielle Anwendung noch zuwenig entwickelt und sind zudem nur sequentiell durchführbar.
- 25 Der Erfindung liegt daher die erste Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Werkzeugeinsatzes der oben erwähnten Art zur Verfügung zu stellen, das bei 2-stufigen Mikrostrukturen die Erzeugung
- 30 von Entformungsschrägen mit relativ geringem Aufwand ermöglicht.

Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese erste Aufgabe mit einem Verfahren gemäss Anspruch 1 gelöst.

- 35 Bevorzugte Ausführungsformen sind durch Unteransprüche definiert.

10081ep

- 3 -

Der Erfindung liegt ferner die zweite Aufgabe zugrunde ein Verfahren zum Spritzgiessen eines Teils zur Verfügung zu stellen, der eine Anordnung von Mikrostrukturen aufweist, die auf einer Aussenfläche des Teils gebildet werden, und
5 zwei unterschiedliche, vorbestimmte Tiefen haben und Entformungsschrägen aufweisen, wobei ein Werkzeug zum Spritzgiessen verwendet wird, der von einer ersten und einer zweiten Werkzeughälfte gebildet wird.

10 Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung wird diese zweite Aufgabe mit einem Verfahren gemäss Anspruch 7 gelöst.

Die mit den erfindungsgemässen Verfahren erzielten Vorteile sind insbesondere wie folgt:

15

Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht auf einfache Weise und mit niedrigen Kosten bei 2-stufigen Mikrostrukturen Entformungsschrägen zu erzeugen, die z.B. grösser als 2 Grad sind. Ein wichtiger Vorteil solcher

20 Entformungsschrägen ist, dass sie die Entformung des Teils ohne Beeinträchtigung der Qualität der 2-stufigen Mikrostrukturen und mit geringen Entformungskräften ermöglichen, auch wenn der Wafer viele Mikrostrukturen aufweist.

25

Durch das erfindungsgemässe Verfahren wird ein Nachteil von Silizium Trockenätzen mit dem Boschprozess, die grundsätzliche Hinterschnittigkeit der Strukturen, vermieden.

30

Das erfindungsgemässe Verfahren hat den zusätzlichen Vorteil, dass die Ätztiefenunformität der 2-stufigen Mikrostrukturen hervorragend ist, was sonst beim Silizium Trockenätzen insbesondere wenn die Öffnungen

35 unterschiedliche breit sind, nicht der Fall ist.

10081ep

- 4 -

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den beiliegenden Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den beiliegenden Zeichnungen zeigen

5 Fig. 1 die Mikrostrukturierung der Vorderseite eines ersten Wafers mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von Mikrostrukturen mittels Trenchetching,

Fig. 2 die Mikrostrukturierung der Rückseite des ersten
10 Wafers in Fig. 1 mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von durch Throughetching erzeugten Hohlräumen,

Fig. 3 das Bonden der Rückseite des ersten Wafers auf ein
15 Trägersubstrat zur Bildung eines Galvano-Masters,

Fig. 4 das elektrochemisches Abscheiden einer Metallschicht auf der Vorderseite des ersten Wafers und in den darin vorhandenen durch die durchgehenden
20 Mikrostrukturen gebildeten Hohlräume,

Fig. 4 die vom ersten Wafer und dem damit gebondeten Trägersubstrat abgetrennte Metallschicht,

25 Fig. 5 die Verwendung einer vom ersten Wafer und vom damit gebondeten Trägersubstrat abgetrennten Metallschicht als formgebende Teil eines erfindungsgemäss hergestellten Werkzeugeinsatzes, der als eine Werkzeughälfte eines Werkzeugs zum Spritzgiessen eines Teils verwendet wird, und
30 das Einspritzen einer Kunststoffschmelze in den Innenraum des Spritzgusswerkzeuges,

Fig. 6 die Entformung eines Teils von der soeben erwähnten Metallschicht,

35

Fig. 7 das aus dem Werkzeug zum Spritzgiessen ausgestossenen Teil.

10081ep

- 5 -

Anhand der Figuren 1 bis 4 wird nachstehend ein Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Werkzeugeinsatzes zum Spritzgiessen eines Kunststoffteils beschrieben, der
5 eine Anordnung von Mikrostrukturen aufweist, die auf einer Aussenfläche des Kunststoffteils gebildet werden und zwei unterschiedliche vorbestimmte Tiefen haben. Dieses Verfahren ist auch zum Spritzgiessen eines Teils anwendbar, welcher aus einem Metall oder aus einem keramischen Material
10 hergestellt wird.

Wie in Fig. 1 gezeigt, wird die Vorderseite eines Silizium-Wafers 11 photolithografisch mit einer Ätzmaskierung 12 maskiert und anschliessend mittels Trockenätzen in einem
15 Plasma (Fachbegriff: DRIE= Deep Reactive Ion Etching) bestehend aus Ionen und reaktiven Fluor Radikalen bis zur gewünschter Tiefe strukturiert (nachfolgend Trenchetching genannt), wobei die Fluor Radikale das Silizium abtragen.

20 Mittels Trenchetching wird auf diese Weise eine Anordnung von Mikrokanälen 13 auf der Vorderseite des Silizium-Wafers 11 erzeugt. Die Mikrokanäle 13 haben z.B. eine Tiefe von 50 Mikrometer. Der Silizium-Wafer 11 hat z.B. eine Dicke von 250 Mikrometer.

25 Wie in Fig. 2 gezeigt, wird anschliessend auf der eben mikrostrukturierten Vorderseite des Silizium-Wafers 11 die Ätzmaskierung 12 entfernt, der Wafer 11 gewendet, auf der Rückseite des Silizium-Wafers 11 erneut photolithografisch
30 mit einer Ätzmaskierung 14 maskiert und anschliessend mittels Trockenätzen nach der oben beschriebenen Methode strukturiert, wobei dieses Mal die Strukturen durch den Wafer 11 hindurch getrieben werden (nachfolgend Throughetching genannt) und so eine Anordnung von Hohlräumen
35 erzeugt, welche je eine Öffnung 16 auf der Vorderseite des Wafers 11 und eine Öffnung 17 auf der Rückseite des Wafers 11 haben.

10081ep

- 6 -

Danach wird die Ätzmaskierung 14 entfernt und der nun fertig strukturierte Wafer 11, wie in Fig. 3 gezeigt, auf ein Trägersubstrat 18 gebondet um die Eigenstabilität zu erhöhen
5 und die Rückseite des Wafers 11 für das elektrochemische auftragen von Nickel zu versiegeln. Durch dieses Bonden vom Wafer 11 und Trägersubstrat 18 wird ein sogenannter Galvano-Master 19 gebildet.

- 10 Als Trägersubstrat 18 eignen sich sowohl Pyrex-Wafer (Glas mit hohem Anteil an Natrium) als auch Silizium-Wafer.

Pyrex-Wafer werden mittels anodisch Bonding mit dem mikrostrukturierten Silizium-Wafer untrennbar verbunden.

- 15 Beim anodisch Bonding wird eine Hochspannung von z.B. 1000 V an die aufeinander gelegten Silizium und Pyrex-Wafer angelegt. Dabei diffundieren Natrium Ionen vom Pyrex in das Silizium und erzeugen eine hochfeste ionische Verbindung zwischen Pyrex und Silizium. Die Diffusion wird zusätzlich
20 beschleunigt durch Erhöhung der Wafertemperatur auf z.B. 400°C).

Silizium-Wafer werden mittels Silicon Fusion Bonding mit dem mikrostrukturierten Silizium-Wafer untrennbar verbunden.

- 25 Beim Silizium Fusion Bonding werden die zu verbindenden Oberflächen von Silizium Substrat und mikrostrukturiertem Silizium-Wafer konditioniert und anschliessend unter Druck und Temperatur miteinander kovalent verbunden, vorausgesetzt die beiden zu verbindenden Oberflächen weisen sehr geringe
30 Rauigkeit auf (kleiner als 0.5 Nanometer), damit die beiden Oberflächen unmittelbar miteinander in Kontakt treten.

- Als nächster Verfahrensschritt wird das mikrostrukturierte Silizium-Wafer 11 mit dem Trägersubstrat 18, zusammen Master
35 19 genannt, mit einer leitenden Dünnschicht versehen, die als Startschicht für die nachstehend beschriebene elektrochemische Abscheidung dient. Als solche eignen sich

10081ep

- 7 -

z.B. Gold, Silber und Nickel die physikalisch mittels dem
Sputter- (auch bekannt unter dem Begriff
Kathodenzerstäubung) oder Aufdampfverfahren nach
Beschichtung mit einer Haftschrift aus Aluminium, Titan oder
5 Chrom aufgebracht werden.

Anschliessend wird, wie in Fig. 4. gezeigt, der Master 19
via die leitende Startschicht elektrisch kontaktiert und
elektrochemisch eine dicke Metallschicht 21, vorzugsweise
10 eine Nickelschicht abgeschieden, um eine mechanisch stabile
Backplatte mit einer Dicke von z.B. 1 Millimeter zu bilden.
Nach der oben erwähnten Abscheidung von z.B. einer
Nickelschicht 21, auch Nickel Shim genannt, wird zuerst die
Rückseite 22 des Nickel Shims 21 planarisiert. Dazu eignet
15 sich erodieren und schleifen. Anschliessend muss der
mikrostrukturierte Nickel Werkzeugeinsatz 21 (nachfolgend
Shim genannt) vom Master 19 getrennt werden. Dazu wird der
Master 19 entweder mechanisch vom Shim 21 getrennt oder in
einer geeigneten Nassätzchemie oder durch Trockenätzen
20 aufgelöst.

Die abgetrennten Metallschicht 21 ist als formgebende Teil
eines erfindungsgemäss hergestellten Werkzeugeinsatzes
verwendbar, und hat seitliche Aussenflächen 26, 27 welche
25 die Bildung von Entformungsschrägen ermöglichen, die z.B.
grösser als 2 Grad sind.

Ein Verfahren zum Spritzgiessen eines Kunststoffteils wird
nachstehend anhand der Figuren 5 bis 7 beschrieben.

30

Zum Spritzgiessen eines Kunststoffteils wird der Nickel
Shim 21 in einer Werkzeughälfte 23 eingebaut, die gegenüber
einer zweiten Werkzeughälfte 24 des Spritzgusswerkzeuges
angeordnet ist. Das Spritzgusswerkzeug wird geschlossen und
35 eine Kunststoffschmelze 25 in den Innenraum des
Spritzgusswerkzeuges eingespritzt.

10081ep

- 8 -

Nach dem Erstarren der Kunststoffschmelze 25 und Öffnen des Spritzgusswerkzeuges lässt sich das Kunststoffteil 31 mit wenig Kraftaufwendung vom Shim entformen. Vorteilhaft ist es, dass dabei keine Beeinträchtigung der Qualität der 2-
5 stufigen Mikrostrukturen vorkommt und dass auch wenn der Wafer viele Mikrostrukturen aufweist nur geringe Entformungskräfte erforderlich sind, um das Kunststoffteil zu entformen. Ein weiterer Vorteil des oben beschriebenen Verfahrens ist, dass sich dadurch 2-stufige Mikrostrukturen
10 mit sehr guter Tiefenuniformität herstellen lassen.

Das Kunststoffteil 31 hat Mikrostrukturen mit seitlichen Innenflächen 32, 33 die Entformungsschrägen aufweisen, welche z.B. grösser als 2 Grad sind.

15

- - - - -

10081ep

- 9 -

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten
Werkzeugeinsatzes zum Spritzgiessen eines Teils, welcher aus
5 einem Kunststoff, einem Metall oder aus einem keramischen
Material hergestellt wird und welcher eine Anordnung von
Mikrostrukturen aufweist, die auf einer Aussenfläche des
Kunststoffteils gebildet werden und zwei unterschiedliche,
vorbestimmte Tiefen haben, welches Verfahren folgende
10 Schritte umfasst

(a) photolithographisches Maskieren der Vorderseite
eines ersten Wafers mit einer ersten Ätzmaskierung, welche
einer Anordnung von ersten Mikrostrukturen entspricht,
15

(b) Mikrostrukturieren der Vorderseite des ersten
Wafers mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von
ersten Mikrostrukturen, welche auf der Vorderseite des
Wafers gebildet werden und die eine erste vorbestimmte Tiefe
20 haben,

(c) Entfernen der ersten Ätzmaskierung von der
Vorderseite des ersten Wafers,

25 (d) photolithographisches Maskieren der Rückseite des
ersten Wafers mit einer zweiten Ätzmaskierung, welche einer
Anordnung von zweiten Mikrostrukturen entspricht, die mit
den ersten Mikrostrukturen auf der Vorderseite des ersten
Wafers in fluidische Verbindung stehen sollen,
30

(e) Mikrostrukturieren der Rückseite des ersten Wafers
mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von zweiten
Mikrostrukturen, welche Hohlräume bilden, die auf der
Rückseite des ersten Wafers eine erste Öffnung haben und in
35 die ersten Mikrostrukturen auf der Vorderseite des ersten
Wafers münden oder auf der Vorderseite des ersten Wafers
eine zweite Öffnung haben,

10081ep

- 10 -

(f) Entfernen der zweiten Ätzmaskierung von der Rückseite des ersten Wafers,

(g) Bonden der Rückseite des ersten Wafers auf ein
5 Trägersubstrat zur Bildung eines Masters,

(h) Aufbringen einer elektrisch leitenden Dünnschicht auf der mikrostrukturierten Vorderseite des ersten Wafers und auf den durch die erwähnten Hohlräume zugänglichen
10 Flächen des Trägersubstrats,

(i) elektrochemisches Abscheiden einer Metallschicht auf der Vorderseite des ersten Wafers und in den darin vorhandenen durch die zweiten Mikrostrukturen gebildeten
15 Hohlräume,

(j) Planarisieren der Aussenfläche der abgeschiedene Metallschicht, und

(k) Trennen der Metallschicht vom Master, wobei die
20 abgetrennte Metallschicht als Werkzeugeinsatz zum Spritzgiessen eines Teils verwendbar ist.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
25 dass der erste Wafer ein Silizium-Wafer ist.

3. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat ein Pyrex-Wafer ist.

30 4. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat ein Silizium-Wafer ist.

5. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die abgeschiedene Metallschicht eine Nickelschicht ist.
35

6. Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikrostrukturieren der Rückseite des ersten Wafers mittels Througheching des ersten Wafers mit Hinterschnitt durchgeführt wird, so dass

10081ep

- 11 -

die gebildeten Mikrostrukturen einen Querschnitt haben, dessen Breite mit dem Abstand zur Rückseite des ersten Wafers zunimmt.

- 5 7. Verfahren zum Spritzgiessen eines Teils, welcher aus einem Kunststoff, einem Metall oder aus einem keramischen Material hergestellt wird und welcher eine Anordnung von Mikrostrukturen aufweist, die auf einer Aussenfläche des Kunststoffteils gebildet werden und zwei unterschiedliche, 10 vorbestimmte Tiefen haben, wobei ein Werkzeug zum Spritzgiessen verwendet wird, der von einer ersten und einer zweiten Werkzeughälfte gebildet wird, welches Verfahren folgende Schritte umfasst
- 15 (a) Einbauen eines ersten Werkzeugeinsatzes als eine erste Werkzeughälfte, die zur Formung der Anordnung von Mikrostrukturen dient, wobei der erste Werkzeugeinsatz nach einem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6 hergestellt wird,
- 20 (b) Einbauen eines zweiten Werkzeugeinsatzes als eine zweite Werkzeughälfte, die gegenüber der ersten Werkzeughälfte angeordnet wird,
- 25 (c) Schliessen des vom ersten und zweiten Werkzeugeinsatz gebildeten Werkzeugs zum Spritzgiessen,
- (d) Einspritzen einer Materialschmelze in den Raum zwischen dem ersten und dem zweiten Werkzeugeinsatz,
- 30 (f) Abkühlen der eingespritzten Materialschmelze, und
- (g) Ausstossen aus dem Werkzeug zum Spritzgiessen von einem Teil, der durch Erstarrung der eingespritzten 35 Materialschmelze gebildet wird und der Mikrostrukturen mit Entformungsschrägen aufweist.

- - - - -

10081ep

- 12 -

Zusammenfassung

Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten
Werkzeugeinsatzes zum Spritzgiessen eines Teils, welcher aus
5 einem Kunststoff, einem Metall oder aus einem keramischen
Material hergestellt wird und welcher eine Anordnung von
Mikrostrukturen aufweist, die auf einer Aussenfläche des
Kunststoffteils gebildet werden und zwei unterschiedliche,
vorbestimmte Tiefen haben. Das Verfahren umfasst folgende
10 Schritte:

(1) Mikrostrukturieren der Vorderseite des ersten
Wafers mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von
ersten Mikrostrukturen, welche auf der Vorderseite des
Wafers gebildet werden und die eine erste vorbestimmte Tiefe
15 haben,

(2) Mikrostrukturieren der Rückseite des ersten Wafers
mittels Plasmaätzen zur Bildung einer Anordnung von zweiten
Mikrostrukturen, welche Hohlräume bilden, die auf der
Rückseite des ersten Wafers eine erste Öffnung haben und in
20 die ersten Mikrostrukturen auf der Vorderseite des ersten
Wafers münden oder auf der Vorderseite des ersten Wafers
eine zweite Öffnung haben,

(3) Bonden der Rückseite des ersten Wafers auf ein
Trägersubstrat zur Bildung eines Masters,

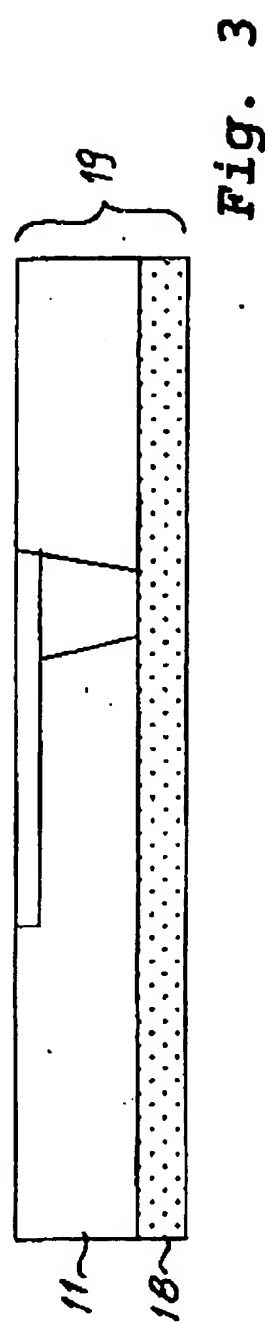
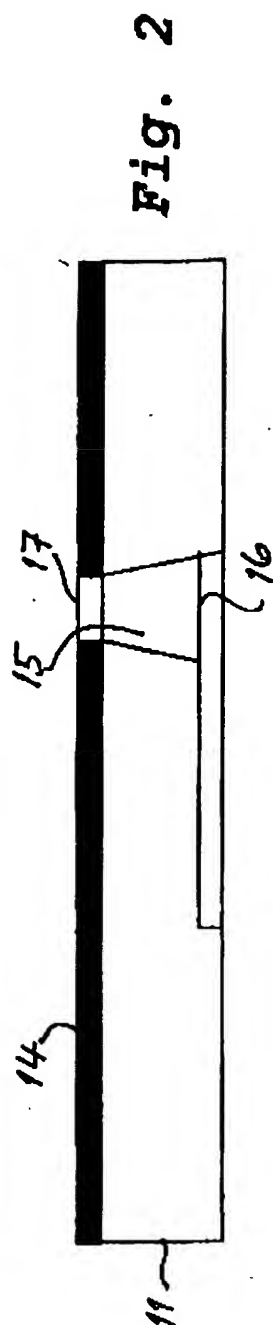
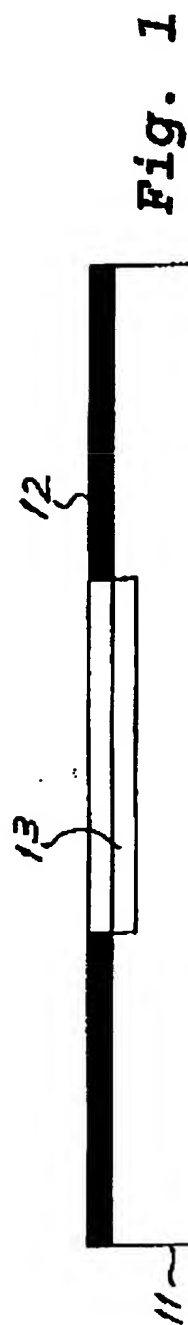
25 (4) elektrochemisches Abscheiden einer Metallschicht
auf der Vorderseite des ersten Wafers und in den darin
vorhandenen durch die zweiten Mikrostrukturen gebildeten
Hohlräume, und

(5) Trennen der Metallschicht vom Master, wobei die
30 abgetrennte Metallschicht als Werkzeugeinsatz zum
Spritzgiessen eines Teils verwendbar ist.

- - - - -

35 (Fig. 4)

1/3



2/3

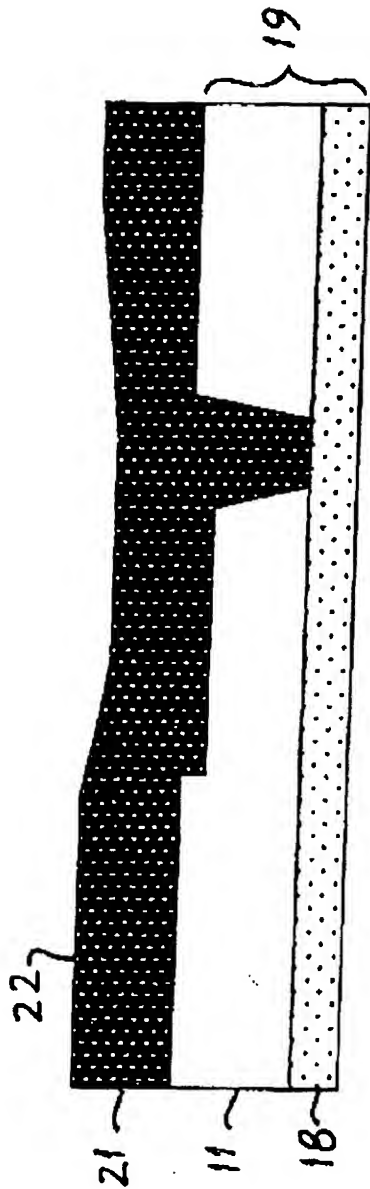


Fig. 4

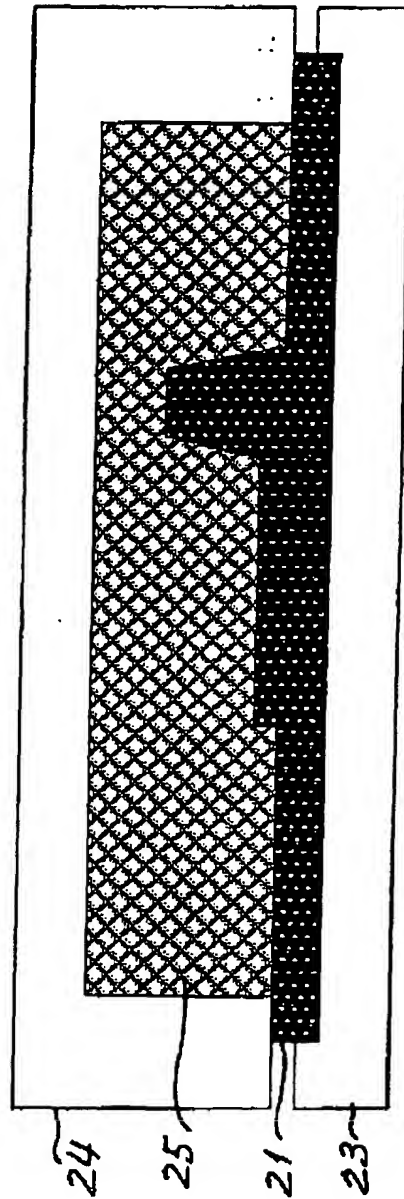
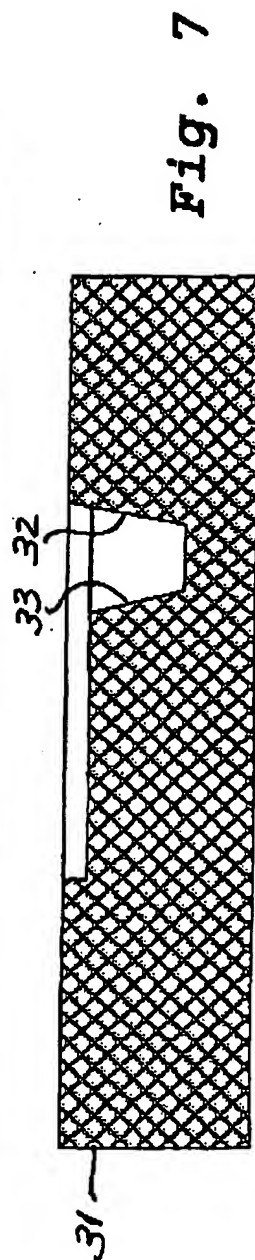
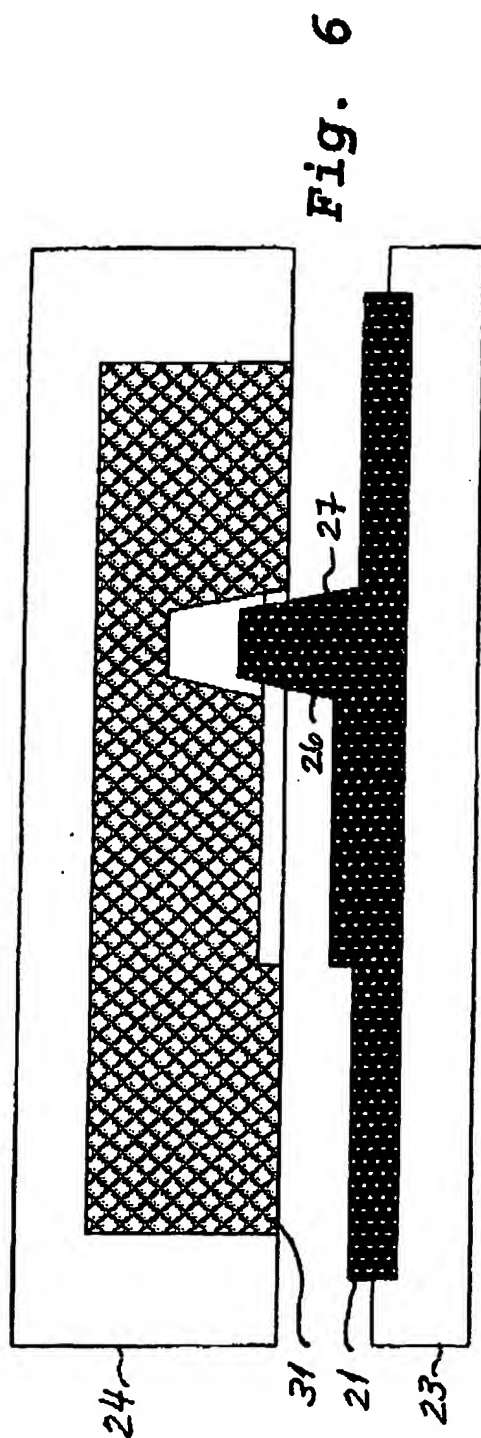


Fig. 5

3/3



THIS PAGE BLANK (USPTO)